

長崎県における酸性雨調査(2008 年度)

高藤 愛郁、古賀 康裕

Acidity and Ion Concentrations of Rain Water in Nagasaki Prefecture(2008)

Aika TAKAFUJI and Yasuhiro KOGA

Key words: acid rain, pH, non sea salt sulfate

キーワード: 酸性雨、pH、非海塩性硫酸イオン

はじめに

酸性雨は化石燃料の燃焼により大気中に排出された硫黄酸化物や窒素酸化物の一部が大気中で硫酸および硝酸等の二次生成物質に酸化され、これらの二次生成物質が雨滴生成過程で核として捕捉され降水に取り込まれることによって起こる。また、酸性雨の原因となる物質は、国内からの発生に加え大陸からの移流も指摘されている。

このような酸性雨問題に対処するため、本県においては昭和 58 年から長崎市式見及び旧大村保健所(現県央保健所)で酸性雨調査を開始した^{1)~10)}。平成 17 年度からは長崎市式見及び県央保健所での機器保守管理、酸性雨分析は民間委託されており、平成 20 年度からは長崎市式見における調査を終了し、県央保健所 1 箇所での調査を継続している。また、環境省の委託を受けて離島の国設対馬酸性雨測定所及び国設五島酸性雨測定所においても酸性雨調査を実施している。

本報告では、県央保健所における平成 20 年度の酸性雨調査結果について報告する。

調査地点の概要

県内の酸性雨測定地点を図 1 に示す。測定地点の概要は以下に示すとおりである。

1 県央保健所

平成10年1月から測定を開始した。諫早市中心部の北方に位置し、調査地点の西側は住宅地が広がっている。東側は交通量が多い旧国道 34 号線を経て田園地帯となっている。

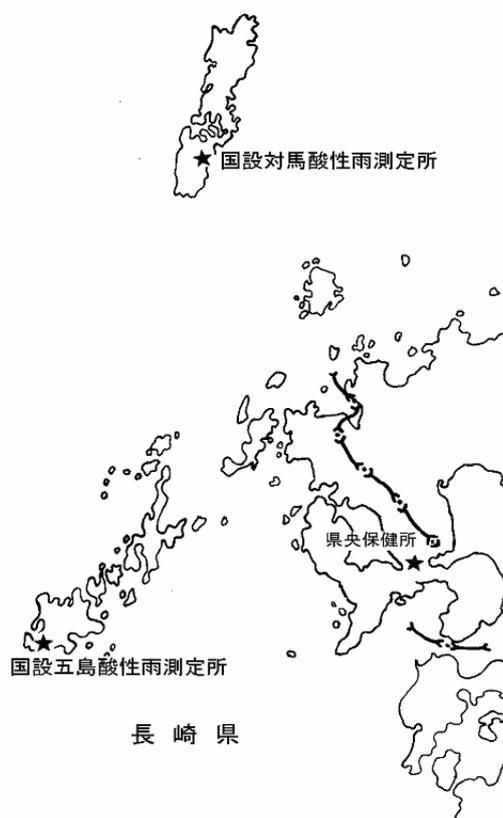


図 1 酸性雨測定地点

調査方法

雨水の採取は小笠原計器(株)製 US-400 をベースとして、10 検体の一降雨試料が連続して採取できるように改造した雨水採取器により実施した。

雨水の採取、分析は民間委託されており、測定項目は貯水量、pH、電気伝導率(EC)、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ の 11 項目である。測定方法は湿性沈着モニタリング手引き書(第 2 版)¹¹⁾に準じた。なお、降水量については、貯水量から計算した。

調査結果

1 pH及び酸性雨出現頻度

pHの出現頻度及び便宜上、酸性雨の定義をpH5.6以下とした酸性雨出現率を表1に示す。県央保健所における平成20年度の酸性雨出現率は95.1%であり、19年度と比較してわずかに減少した。

平成20年度のpHの年平均値は4.72であり、19年度と比較してわずかに上昇した。

降水を中和する要因となる黄砂について、平成19、20年度における黄砂観測日を表2に示す。平成20年度は6日間観測され、19年度に比べ黄砂が観測された日数は少なかった。特に平成19年度は一度も観測がなかった6月及び2月に黄砂が観測されたのは特徴的であった。

2 pHの経月変化

平成20年度の降水量の経月変化を図2に、pHの月別平均値の経月変化を図3に示す。平成20年度の降水量は平成19年度に比べ少なくなっていた。

平成19年度のpHの加重平均値は、5月に一度低くなった後夏期から秋期にかけて高くなり、冬期に低くなるという傾向が見られていたが、例年、pHの加重平均値は雨の多い夏季に高く、雨の少ない冬季には低い傾向を示す傾向がある。平成20年度の結果においても、おおむね雨の多い夏季に高く、雨の少ない冬期に低い傾向を示した。

3 イオン成分濃度

平成19、20年度におけるイオン成分年平均値を表4に、イオン成分月平均値を表5に示す。

Na⁺のすべてが海塩由来であると仮定し、海水中の濃度比を用いて nss- SO₄²⁻及び nss- Ca²⁺を計算して SO₄²⁻及び Ca²⁺に占める非海塩性成分の割合を求めると、平成20年度の年平均値はそれぞれ89%、79%であり、平成19年度の年平均値と比較すると、非海塩成分の割合は低くなっていた。nss- Ca²⁺が低くなったのは、黄砂観測日が昨年と比較して少なかったことによるものと考えられる。

人為的汚染の指標となる nss- SO₄²⁻、nss- Ca²⁺、及び NO₃⁻の経月変化を図4、5、6に示す。一般的にイオン成分は雨の多い夏季に低く、雨の少ない冬季に高い傾向を示す。平成19年度の5月は特にイオン成分の濃度が高くなっているが、これは5月の黄砂観測や

光化学オキシダント注意報の発令が多かったことと関連があると考えられる。平成20年度のイオン成分の調査結果は、おおむね雨の多い夏季に低く、雨の少ない冬期に高くなっていた。

表1 pHの出現頻度及び酸性雨出現率

pH階級	県央保健所	
	H19	H20
2.61～2.99	0	0
3.00～3.59	0	1
3.60～3.99	2	2
4.00～4.59	39	33
4.60～4.99	22	28
5.00～5.60	13	14
5.61～5.99	2	3
6.00～6.59	0	1
6.60～6.99	0	0
7.00～	0	0
サンプル数	78	82
酸性雨出現率 (%)	97.4	95.1
pH<4.00 (%)	2.6	3.7
最低pH	3.85	3.40
最高pH	5.88	6.02
加重平均pH	4.62	4.72

表2 平成19、20年度の黄砂観測日

	H19年度	H20年度
	4月1日	4月26日
	4月2日	5月31日
	5月14日	6月1日
	5月17日	2月20日
黄砂発生日	5月26日	2月21日
	5月27日	3月17日
	5月28日	
	3月2日	
	3月3日	
	3月4日	
合計	10日間	6日間

※長崎海洋気象台調べ

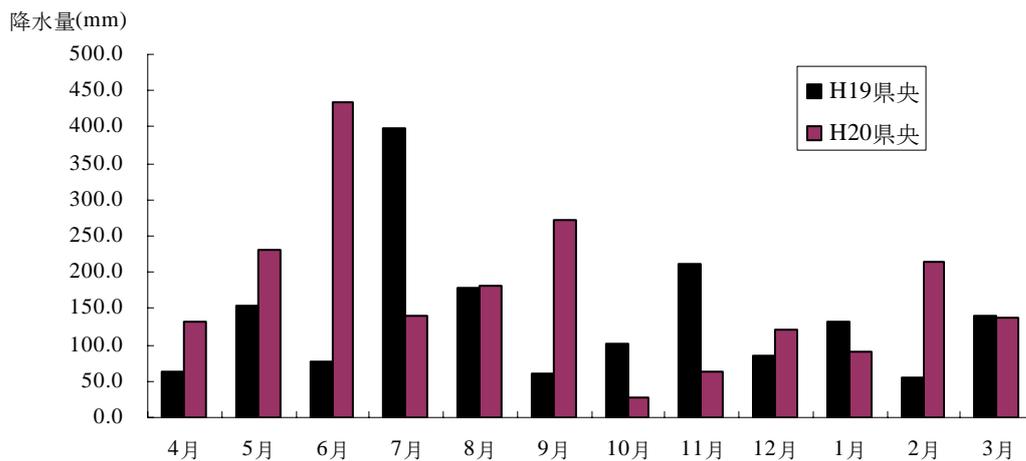


図2 平成19、20年度における降水量の経月変化

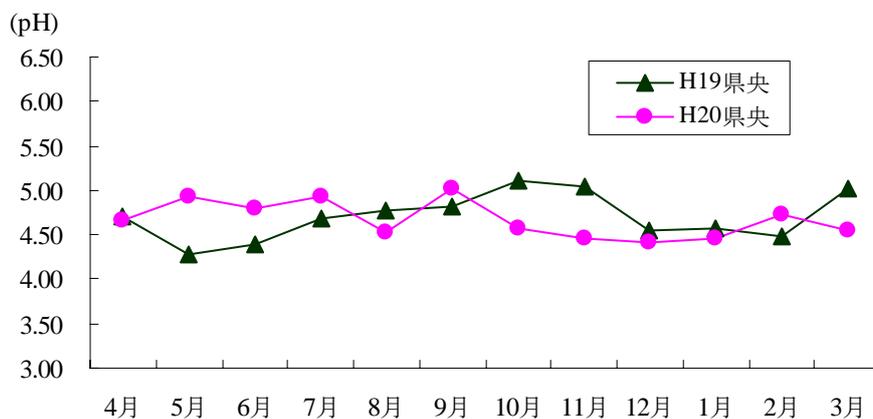


図3 平成19、20年度におけるpHの経月変化

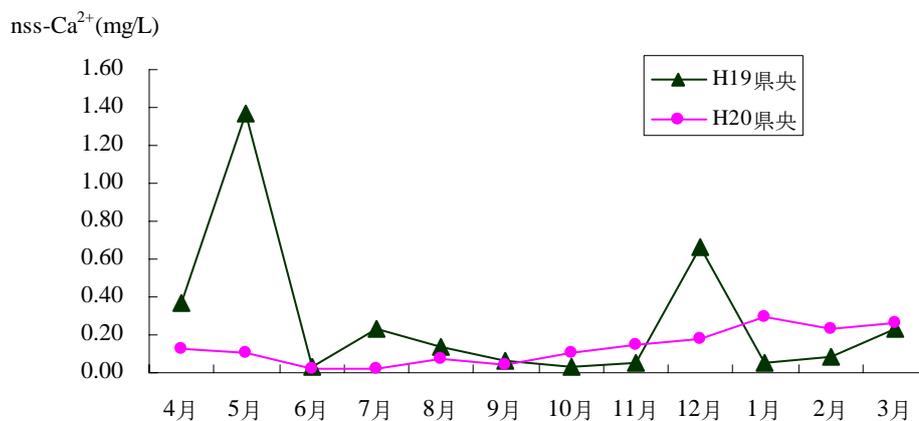


図4 平成19、20年度におけるnss-Ca²⁺の経月変化

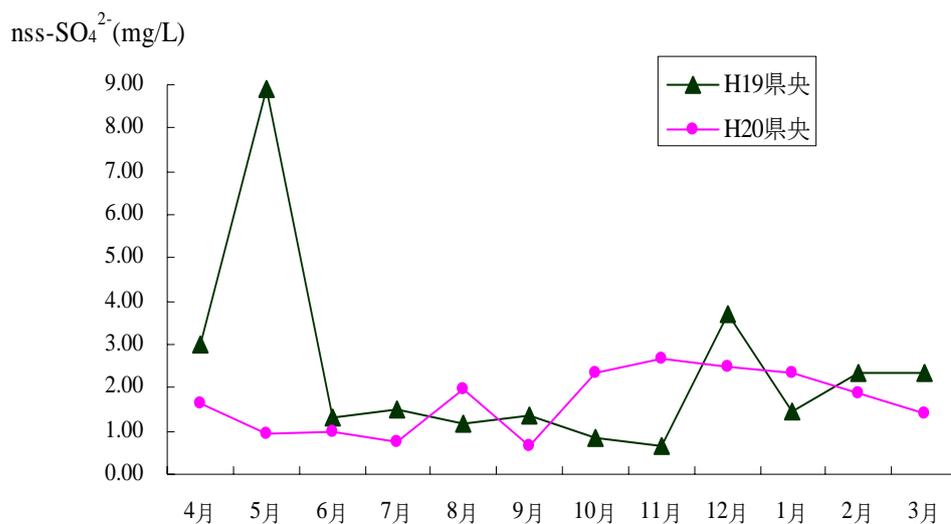


図5 平成19、20年度におけるnss-SO₄²⁻濃度の経月変化

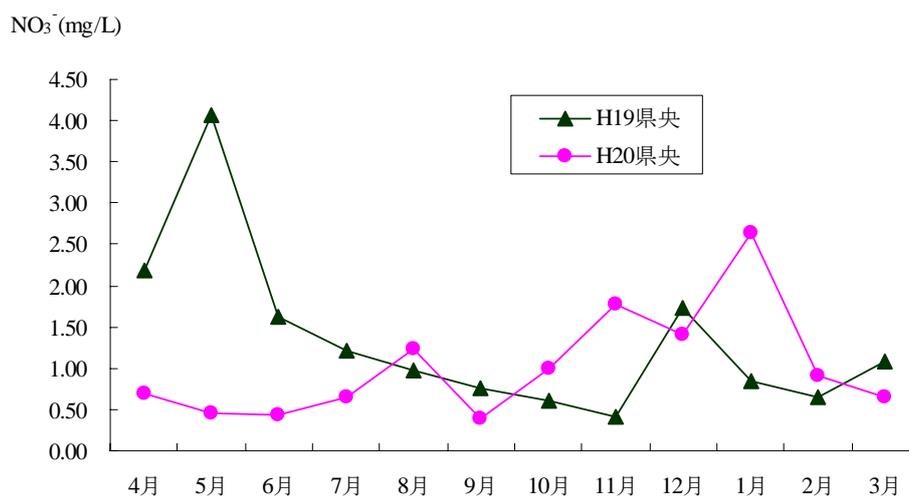


図6 平成19、20年度におけるNO₃⁻濃度の経月変化

4 イオン成分沈着量

表6にイオン成分年沈着量を、表7に月別のイオン成分沈着量を示す。平成20年度の年沈着量は SO_4^{2-} が最も多く、次いで Cl^- 、 NO_3^- という結果であり、人為的汚染物質の沈着が多かった。また、平成20年度は19年度と比較して降水量が減少していたにもかかわらず、 Na^+ 、 H^+ 以外の年沈着量は減少していた。

まとめ

1 平成20年度における酸性雨の出現率は平成19年度よりも低くなっていた。これは、平成19年度は黄砂の観測日数が多く、黄砂とともに酸性雨の原因となるような物質が運ばれてきたことが考えられる。また、平成19年度は光化学オキシダント注意報発令が県内各地で相次いだ。光化学オキシダントの高濃度に大陸からの影響が示唆されていることと同様、酸性雨の原因となる物質が大陸から運ばれてきた可能性が考えられる。

2 平成20年度におけるpHの加重平均値は4.72であり、平成19年度とほとんど変わらなかった。また、全国の降水のpHは4.4から5.0の間に集中している¹²⁾こと、環境省が全国31ヶ所の国設局で実施した「平成19年度環境省酸性雨対策調査結果」の値が4.42～4.99であることと照らし合わせると、いずれも全国の降水pHの範囲内であった。

3 平成20年度における降水のpHが4.00より小さい強酸性雨の出現率は、平成19年度より高くなっていた。

4 平成20年度は黄砂観測及び光化学オキシダント注意報の発令が平成19年度と比較して少なかったこともあり、夏季のイオン成分濃度が低く、冬期のイオン成分濃度が高い結果となった。

参考文献

- 1) 吉村 賢一郎, 他:酸性雨調査(第1報), 長崎県衛生公害研究所報, 25, 91～96(1983)
- 2) 吉村 賢一郎, 他:酸性雨調査(第2報), 長崎県衛生公害研究所報, 26, 130～134(1984)
- 3) 吉村 賢一郎, 他:酸性雨調査(第3報), 長崎県衛生公害研究所報, 27, 29～36(1985)
- 4) 吉村 賢一郎, 他:酸性雨調査(第4報), 長崎県衛生公害研究所報, 28, 15～24(1986)
- 5) 釜谷 剛, 他:長崎県における酸性雨調査(1999年度), 長崎県衛生公害研究所報, 45, 37～39(1999)
- 6) 釜谷 剛, 他:長崎県における酸性雨調査(2000年度), 長崎県衛生公害研究所報, 46, 32～36(2000)
- 7) 山口 顕徳, 他:長崎県における酸性雨調査(2001年度), 長崎県衛生公害研究所報, 47, 41～46(2001)
- 8) 山口 顕徳, 他:長崎県における酸性雨調査(2002年度), 長崎県衛生公害研究所報, 48, 66～70(2002)
- 9) 山口 顕徳, 他:長崎県における酸性雨調査(2003年度), 長崎県衛生公害研究所報, 49, 52～57(2003)
- 10) 横瀬 健, 他:長崎県における酸性雨調査(2004年度), 長崎県衛生公害研究所報, 50, 38～43(2004)
- 11) 環境省地球環境局環境保全対策課酸性雨研究センター:第2章 各論,湿性沈着モニタリング手引き書(第2版),28～53(2001)
- 12) 酸性雨対策検討会:総合とりまとめ結果の評価と残された課題, 酸性雨対策調査総合とりまとめ, 202～219(2004年6月)

表4 平成19、20年度におけるイオン成分年平均値

単位:mg/L

調査地点	年度	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	b/a*100	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	d/c*100	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	H ⁺
		(a)	(b)	(%)				(c)	(d)	(%)				
県央保健所	H19	2.42	2.25	93	1.32	1.33	0.46	0.31	0.29	92	1.08	0.15	0.08	0.022
	H20	1.80	1.60	89	1.05	1.39	0.31	0.15	0.12	79	0.82	0.10	0.06	0.023

表5 平成19、20年度におけるイオン成分月平均値

単位:mg/L

調査地点	年度	項目	イオン成分 年平均値及 び年降水量														
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月			
県央保健所	H19	SO ₄ ²⁻	3.27	9.19	1.43	1.56	1.23	1.47	0.98	0.69	5.02	1.53	2.65	2.42	2.42		
		nss-SO ₄ ²⁻	2.99	8.91	1.30	1.52	1.15	1.35	0.84	0.65	3.72	1.45	2.33	2.36	2.25		
		NO ₃ ⁻	2.18	4.07	1.62	1.21	0.98	0.76	0.61	0.40	1.72	0.85	0.65	1.08	1.32		
		Cl ⁻	1.69	2.15	0.96	0.52	0.68	0.62	0.57	0.34	11.43	0.55	1.59	0.50	1.33		
		NH ₄ ⁺	0.60	2.18	0.40	0.31	0.24	0.22	0.11	0.12	0.50	0.17	0.24	0.42	0.46		
		Ca ²⁺	0.41	1.41	0.05	0.24	0.15	0.08	0.05	0.05	0.86	0.07	0.13	0.24	0.31		
		nss-Ca ²⁺	0.37	1.37	0.03	0.24	0.14	0.07	0.03	0.05	0.66	0.05	0.08	0.23	0.29		
		Na ⁺	1.11	1.11	0.52	0.17	0.30	0.48	0.54	0.16	5.19	0.32	1.28	0.24	0.67		
		Mg ²⁺	0.21	0.38	0.02	0.12	0.07	0.09	0.10	0.03	1.01	0.04	0.10	0.04	0.16		
		K ⁺	0.31	0.56	0.05	0.17	0.19	0.20	0.02	0.02	0.24	0.05	0.02	0.04	0.16		
		H ⁺	0.020	0.053	0.041	0.021	0.017	0.016	0.008	0.009	0.028	0.027	0.033	0.010	0.022		
		降水量mm	64	153	78	398	180	60	101	211	84	133	54	140	1655		
		県央保健所	H20	SO ₄ ²⁻	1.68	0.99	1.02	0.91	2.15	0.69	2.40	2.87	3.03	3.14	2.11	1.60	1.55
				nss-SO ₄ ²⁻	1.64	0.96	0.98	0.75	1.97	0.67	2.34	2.68	2.48	2.36	1.87	1.43	1.40
				NO ₃ ⁻	0.69	0.45	0.44	0.66	1.23	0.40	1.00	1.77	1.41	2.64	0.90	0.65	0.80
				Cl ⁻	0.32	0.24	0.28	1.12	1.20	0.13	0.47	1.51	3.65	4.77	1.57	1.10	1.03
				NH ₄ ⁺	0.30	0.17	0.14	0.14	0.38	0.13	0.30	0.61	0.23	0.64	0.36	0.31	0.25
				Ca ²⁺	0.13	0.11	0.02	0.04	0.10	0.04	0.11	0.18	0.26	0.41	0.27	0.29	0.13
				nss-Ca ²⁺	0.12	0.11	0.02	0.02	0.07	0.04	0.10	0.15	0.18	0.30	0.23	0.26	0.11
Na ⁺	0.14			0.12	0.15	0.65	0.70	0.07	0.22	0.74	2.20	3.08	0.95	0.70	0.61		
Mg ²⁺	0.03			0.03	0.02	0.08	0.08	0.01	0.03	0.10	0.27	0.35	0.14	0.11	0.08		
K ⁺	0.02			0.02	0.01	0.03	0.06	0.01	0.03	0.08	0.12	0.24	0.09	0.07	0.05		
H ⁺	0.022			0.012	0.016	0.012	0.029	0.009	0.027	0.035	0.039	0.034	0.018	0.028	0.020		
降水量mm	131			230	435	141	183	272	28	63	121	92	215	139	2050		

表 6 平成 19、20 年度におけるイオン成分年沈着量

調査地点	年度	年降水量 (mm)	単位:mg/m ² /年										
			SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	H ⁺
県央保健所	H19	1655	4011	3734	2184	2204	754	514	472	1103	259	264	36.6
	H20	2050	3178	2863	1647	2113	518	270	222	1255	165	101	40.9

表 7 平成 19、20 年度におけるイオン成分月別沈着量

調査地点	年度	項目	単位:mg/m ² /月												イオン成分 年沈着量及 び年降水量	
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
H19		SO ₄ ²⁻	209.2	1406.0	111.1	620.7	221.3	88.3	98.8	145.9	424.4	203.9	142.2	338.7	4010.6	
		nss-SO ₄ ²⁻	191.4	1363.4	100.9	604.0	207.6	81.1	85.1	137.6	314.2	193.1	124.9	330.4	3733.7	
		NO ₃ ⁻	139.5	623.3	125.9	481.7	176.5	45.6	61.8	84.9	145.4	113.5	34.9	150.6	2183.7	
		Cl ⁻	108.4	328.8	74.3	208.6	122.1	37.4	57.5	72.4	966.2	72.8	85.7	70.1	2204.2	
		NH ₄ ⁺	38.3	333.2	31.2	122.9	42.3	13.2	10.7	25.5	42.3	22.4	13.1	58.8	754.1	
		Ca ²⁺	26.4	216.1	4.0	96.1	27.3	5.0	5.5	11.6	72.5	8.9	7.0	33.5	513.9	
		nss-Ca ²⁺	23.7	209.6	2.4	93.6	25.2	3.9	3.4	10.3	55.8	7.3	4.4	32.3	472.0	
		Na ⁺	71.2	169.9	40.7	66.7	54.4	28.8	54.4	33.2	438.8	43.0	68.9	33.2	1103.2	
		Mg ²⁺	13.2	58.1	1.6	48.0	13.3	5.4	10.1	7.2	85.3	5.6	5.3	6.0	259.1	
		K ⁺	19.8	85.7	3.8	68.9	33.3	12.0	2.4	4.7	19.9	6.3	1.2	5.7	263.6	
		H ⁺	1.3	8.0	3.2	8.5	3.0	0.9	0.8	1.9	2.3	3.6	1.8	1.3	36.6	
		降水量mm	64	153	78	398	180	60	101	211	84	133	54	140	1655	
	H20		SO ₄ ²⁻	220.7	227.6	442.3	129.1	392.4	186.6	68.1	180.9	368.2	288.1	452.1	222.1	3178.2
			nss-SO ₄ ²⁻	216.2	220.6	425.5	106.0	360.4	181.9	66.5	169.1	301.0	217.2	401.0	197.9	2863.2
		NO ₃ ⁻	90.1	103.4	190.5	92.7	225.1	108.8	28.3	111.5	170.8	242.8	192.8	90.6	1647.4	
		Cl ⁻	42.1	56.3	122.7	158.1	219.1	35.0	13.3	95.5	443.0	437.8	337.5	153.0	2113.4	
		NH ₄ ⁺	38.9	38.5	60.6	19.9	69.0	36.2	8.5	38.4	28.4	58.7	78.2	43.1	518.4	
		Ca ²⁺	16.9	26.2	9.8	5.9	17.8	11.5	3.2	11.4	31.7	38.1	57.4	39.8	269.8	
		nss-Ca ²⁺	16.2	25.1	7.3	2.4	13.0	10.8	2.9	9.6	21.5	27.4	49.7	36.1	222.1	
		Na ⁺	18.0	27.8	67.0	92.2	127.6	18.8	6.3	47.0	267.6	282.6	203.6	96.5	1255.0	
		Mg ²⁺	4.5	6.4	7.6	11.5	14.5	3.5	1.0	6.6	32.5	32.5	29.3	15.0	164.8	
		K ⁺	2.1	4.7	4.5	4.1	10.5	4.0	0.9	5.3	14.0	21.8	18.8	10.2	100.8	
		H ⁺	2.9	2.8	7.1	1.7	5.3	2.6	0.8	2.2	4.7	3.1	4.0	4.0	40.9	
		降水量mm	131	230	435	141	183	272	28	63	121	92	215	139	2050	